

MODEL OF ROBOTIC ARM

David Sobota

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xsobot20@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Petr Vyroubal

E-mail: vyroubal@feec.vutbr.cz

Abstract: This work deals with the robotic arm model and role of robotic arms in Industry 4.0. The work deals also with possibilities of a construction and controlling of robotic arm, including programming of firmware and computer application with user interface.

Keywords: EEICT, robotics, Industry 4.0, kinematics

1 ÚVOD

V posledních letech se v oblasti většiny průmyslových odvětví hovoří o konceptu Industry 4.0. Na našem území se pak ujalo označení Průmysl 4.0. Tento koncept se snaží posunout současnou automatizaci k mnohem více univerzálnějším a autonomním systémům. Tato myšlenka vznikla v Německu roku 2011. Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky vyjádřilo podporu v roce 2015 dokumentem Iniciativa Průmysl 4.0^[1]. Vlastní koncept využívá několik klíčových systémů pro dosažení cílů. Jedním z nich jsou Kyberneticko-fyzické systémy (CPS – Cyber-Physical System) využívané v Průmyslu 4.0 sestávají jak z fyzických prvků, tak ze sofistikovaných algoritmů. Internet věcí (IoT – Internet of Things) nabízí normalizovanou síť fyzických prvků komunikujících vzájemně mezi sebou. Cloud computing využívá soustředění výpočetního výkonu na jednom místě. Základními stavebními prvky jsou pak programovatelná robotická ramena s výměnnými nástroji, senzorika a výpočetní výkon odpovědný za rozhodování a řízení. Právě takový systém je předmětem této práce, která zkoumá různá řešení, jejich výhody a následnou proveditelnost.

2 ROBOTI V PRŮMYSLU

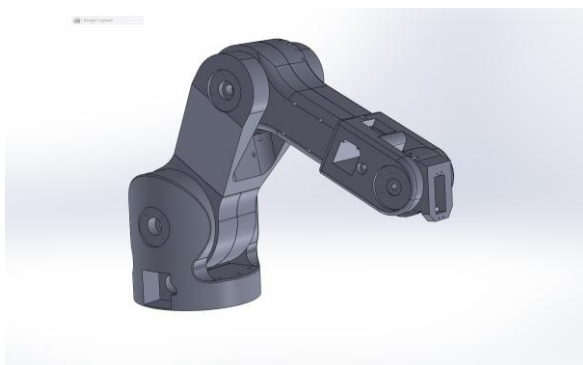
V dnešní době mají roboti v průmyslu neodmyslitelnou roli. Díky své rychlosti ve výrobě dokáží uspokojit současnou objemnou poptávku. Jejich možnost naprogramování a výměny nástrojů umožňuje použití v mnoha oborech výroby a vysoká přesnost umožňuje vytvářet výrobky a dosahovat kvalit, kterých ruční výrobou dosáhnout nelze. Trendem je neustálé posouvání těchto hranic vyrobiteľnosti a kvality.

Průmyslová robotická ramena podle normy ISO 8373 – Manipulační průmyslové roboty. Podle této normy je robot automaticky řízený, reprogramovatelný, víceúčelový manipulační stroj určený k použití v průmyslové automatizaci^[2]. Průmysloví roboti se dále dělí do mnoha kategorií podle pružnosti svého programu, stupňů volnosti, druhu pohonu, kinematické struktury, vykonávaných činností apod.^[3] Průmysl 4.0 však vyžaduje manipulátor nejlépe na úrovni Kognitivní robot (schopnost rozhodování díky umělé inteligenci).

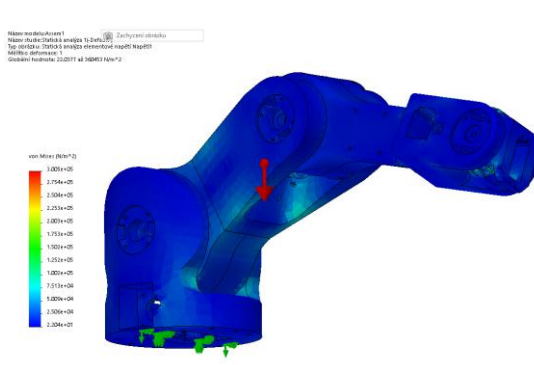
2.1 MODEL ROBOTICKÉHO RAMENE

Model robotického ramene, který je předmětem práce, je vytvořen v aplikaci Solidworks (Obrázek 1), má 6 stupňů volnosti (Univerzální) a elektrický pohon. Tento typ umožňuje plnou pohyblivost v kartézském souřadnicovém prostoru. Vzhledem k výstavbě funkčního modelu v menším měřítku, je pro výrobu vlastní konstrukce zvolena metoda 3D tisku.

Design robotického ramene byl ověřen počítačovou simulací v programu SolidWorks Simulation, kde byl definován materiál, modelu (PLA) a zadány okrajové podmínky řešení. Model byl v základně ukotven a nastaven tak aby vzniklo maximální namáhání součástí (Obrázek 2). Toto namáhání nám pomohlo při optimalizaci 3D tisku, kdy v kritických částech modelu byl přidán materiál, jednalo se o takzvanou topologickou optimalizaci.



Obrázek 1: Model robotického ramene



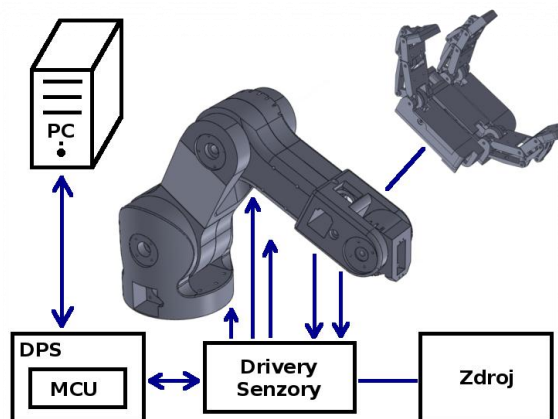
Obrázek 2: Simulace mechanického napětí

Pro pohon jsou použity krokové motory a serva. Zvoleny jsou z důvodu jednodušší konstrukce a údržby oproti hydraulickým/pneumatickým systémům. Krokové motory mají dále výhodu jemného, přesně definovaného kroku a neomezený počet otáček. Servo motory naopak obsahují převodovku a řídicí elektroniku se zpětnou vazbou. Tyto atributy umožňují přesné ovládání ve velkém rozsahu pohybu.

Pro hardware řízení je zvolena deska s naprogramovaným MCU ATmega 2560 a druhá deska s drivery A4988 pro silovou část potřebnou k řízení krokových motorů. Kromě samotného řízení motorů je zde samozřejmě i zpětná odezva pohybu ramena. Pro tuto funkci jsou určeny magnetické enkodéry AS5045 sledující otáčení jednotlivých kloubů (Obrázek 3).



Obrázek 3: Magnetický enkodér AS5045^[4]



Obrázek 4: Blokové schéma

Deska s MCU je pak připojena k počítači pomocí USB, jak můžete vidět na blokovém schématu (Obrázek 4). K ovládání ruky z PC slouží aplikace navržená právě pro tento projekt, a která může zobrazit informace o firmware MCU nebo aktuální konfiguraci (polohu) jednotlivých kloubů.

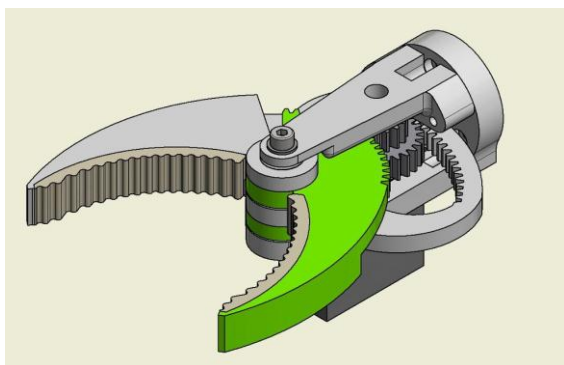
Kromě přijímání těchto dat umožňuje ruku ovládat v reálném čase nebo programovat jednoduché, ale i složitější sekvence pohybů pomocí instrukcí. Uložení sekvencí na disk nebo kontrola správnosti kódu před posláním do MCU jsou také funkcemi aplikace. Pro ovládání robotického ramene v reálném čase stačí postupné zadávání výchylky jednotlivých kloubů. Při programování pohybových sekvencí je však takový parametr velice nepraktický. V takovém případě je vhodnější zadávat přímo souřadnice kartézského systému pro koncový bod ramene.

Právě to umožňuje algoritmizace tzv. inverzní kinematiky. Inverzní kinematika studuje pohyb kinematických systémů (včetně robotických ramen) a po zadání cílového bodu konce ramene dokáže získat potřebnou konfiguraci všech kloubů ramene. K tomu se využívá řešení trojúhelníkové sítě s dílčími a konečnými úhly jednotlivých segmentů ramene. Příklad velice jednoduchého výpočtu (pro první kloub v základně) ukazuje rovnice (1):

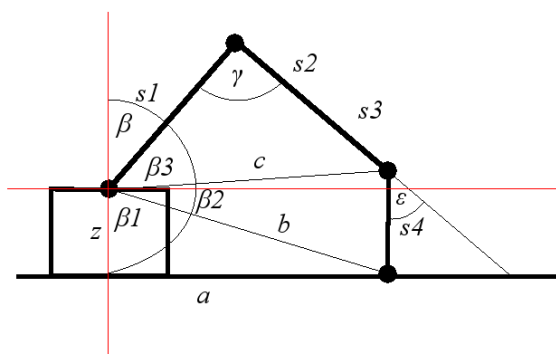
$$\alpha = \arctan\left(\frac{|x|}{|y|}\right) = \arctan\left(\frac{20}{180}\right) = 6^{\circ}20' \quad (1)$$

Pro použití v aplikaci je potřeba získat a algoritmizovat rovnice pro všechny klouby ramene.

Konstrukce modelu robotického ramene umožňuje také výměnu nástrojů, čímž splňuje další podmínku pro univerzálnost průmyslových robotických ramen. Kromě složité čelisti s vícekloubovými prsty je možné použití jednoduché čelisti (Obrázek 5) nebo výměny za kameru pro 3D skenování.



Obrázek 5: Vyměnitelná čelist^[5]



Obrázek 6: Schéma pro vazby inverzní kinematiky

Řízení jednotlivých ramen je možné spojit za účelem komunikace. Tím je možné zajistit vzájemnou spolupráci ramen, popřípadě zamezit jejich kolizi při používání stejného pracovního prostoru nebo jejich vzájemného průniku.

3 ZÁVĚR

V práci je vysvětlen pojem Průmysl 4.0 a především jeho důležitost v dnešním průmyslu včetně jeho klíčových prvků, jako Kyberneticko-fyzické systémy nebo Internet věcí a Cloud computing. Nastínila, co zahrnují průmyslová robotická ramena a jejich základní dělení. Práce dále vysvětlila koncept vlastního modelu robotického ramene, volbu a vlastnosti konstrukce, druh pohonu a především vlastnosti řízení za pomoci MCU, uživatelské aplikace a použití inverzní kinematiky.

REFERENCE

- [1] Iniciativa Průmysl 4.0 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z WWW: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf>
- [2] SKAŘUPA, J.: Teorie průmyslových robotů, Košice, Viena Košice 2000, ISBN 80-88922-35-6
- [3] SKAŘUPA, J.: Průmyslové roboty a manipulátory. Elektrické skriptu, Ostrava: Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, 2007, 120s.
- [4] Převzato z WWW: https://ams.com/chi/content/download/1288/7223/file/AS5045_DS000101_2-00.pdf
- [5] Převzato z WWW: https://cdn.thingiverse.com/renders/29/3f/7c/96/8d/c6ca327ba788ed438a6e09f9ffb17834_dis